

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi Tiga Fasa^[1]

Motor arus bolak balik (AC) telah digunakan secara luas, dipemukiman, kawasan perdagangan, industri, maupun di bidang lain. Motor AC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor AC bisa menjadi bagian dari pompa air, kipas angin atau disambungkan dengan beberapa bentuk peralatan mekanik lainnya seperti blower, konveyer, atau mixer. Motor AC ditemukan dalam berbagai aplikasi dari yang memerlukan motor tunggal sampai aplikasi yang memerlukan gabungan beberapa motor. Pada motor induksi, penerimaan tegangan dan arus pada rotor dilakukan dengan jalan induksi. Jadi rotor tidak langsung menerima tegangan atau arus dari luar.

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri mempunyai keuntungan sebagai berikut:

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat dan hampir tidak pernah mengalami kerusakan yang berarti.
2. Harga relatif murah dan handal.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi-rugi daya akibat gesekan berkurang.
4. Membutuhkan perawatan yang sedikit
5. waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

Kekurangan dalam penggunaan motor induksi:

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiennya.
2. Kecepatannya akan menurun seiring dengan bertambahnya beban.
3. Kopel awal mutunya rendah jika dibandingkan dengan motor DC.

^[1] Theraja, B.L., *A text-book of electrical technology*, vol. II (India : Chand & Co Ltd, 2006), Hal.1245.

2.2 Klasifikasi Motor AC^[1]



Gambar 2.1 Motor AC

Sumber : Kelistrikan Industri, 2015

Dengan hampir penerapan sistem tenaga AC baik untuk penerangan maupun untuk tenaga maka kebutuhan dan penerapan motor AC semakin banyak dan beragam tiap tahunnya, akibatnya pabrik produksi motor listrik mencoba membuat tipe motor AC yang sempurna dan cocok untuk semua jenis industri baik sistem satu fasa maupun tiga fasa.

Hal ini memunculkan beragam jenis motor yang dapat membingungkan, untuk mengklasifikasikanya maka motor AC dapat dibedakan menjadi beberapa grup dalam beberapa sudut pandang:

1. Menurut Prinsip Kerjanya

- A. Motor serempak (motor sinkron), putaran motor sama dengan putaran fluks magnet stator, motor tidak dapat berputar sendiri meski lilitan stator telah dihubungkan dengan tegangan luar, agar bergerak perlu penggerak permulaan, umumnya menggunakan mesin lain.
- B. Motor asinkron (motor tak serempak), putaran motor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator, ada selisih yang disebut slip.

2. Menurut Tipe Arus

- A. Motor 1 fasa
- B. Motor 3 fasa

^[1] Ibid Hal.1244

3. Menurut Kecepatan

- A. *Konstan speed*
- B. *Variable speed*
- C. *Adjustable speed*

4. Menurut Struktur Bentuknya

- A. *Open*
- B. *Enclosed*
- C. *Semi-enclosed*
- D. *Ventlated*
- E. *Pipe-ventilated*

2.3 Konstruksi Motor Induksi ^[2]

Motor induksi pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama suatu bagaian yang tidak berputar/stator dan bagian yang bergerak memutar/rotor (B.L.Theraja, 2006). Stator motor induksi, pada prinsipnya sama dengan motor sinkron atau generator yang terdiri dari blek–blek dinamo yang berisolasi pada satu sisinya dan mempunyai ketebalan antara 0,35 sampai 0,5 mm, disusun menjadi sebuah paket blek yang berbentuk gelang. Disisi dalamnya dilengkapi dengan alur–alur. Didalam alur ini terdapat perbedaan antara motor asinkron dengan lilitan sarang (rotor sarang atau rotor hubung pendek) dan gelang seret dengan lilitan tiga fasa atau dari sisi lainnya bahwa inti besi stator dan rotor terbuat dari lapisan baja silikon tebalnya 0,35 sampai 0,5 mm, tersusun rapi masing–masing terisolasi secara elektrik dan diikat pada ujung – ujungnya.

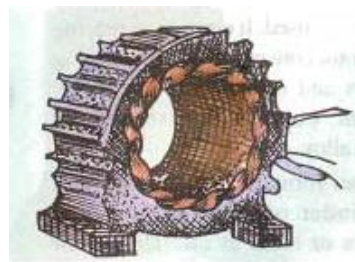
Lamel inti besi stator dan rotor bagian motor dengan garis tengah bagian motor, dengan garis tengah bagian luar dari stator lebih dari 1 m. Bagi motor dengan garis tengah yang lebih besar, lamel inti besi merupakan busur inti segmen yang disambung menjadi satu lingkaran. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yang kecil adalah 0,25 sampai 0,75 mm, pada motor yang besar sampai 10 mm. Celah udara yang besar ini disediakan bagi kemungkinan terjadinya

^[2]Rijono, Yon, Drs. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Andi, Yogyakarta. Hal.311

perenggangan pada sumbu sebagai akibat pembebanan transversal pada sumbu atau sambungannya. Tarikan pada pita (belt) atau beban yang tergantung tersebut akan menyebabkan sumbu motor melengkung.

Pada dasarnya inti besi stator dan belitan rotor motor tak serempak ini sama dengan stator dan belitan stator mesin serempak. Kesamaan ini dapat ditunjukkan bahwa pada rotor mesin tak serempak yang dipasang sesuai dengan stator mesin tak serempak akan dapat bekerja dengan baik.

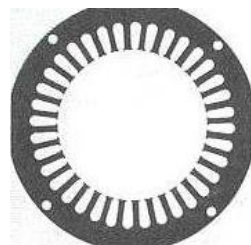
1. Bagian Stator (tidak bergerak)^[3]



Gambar 2.2 Stator

Sumber: B.L.Theraja,2006

Kumparan stator merupakan kumpulan lilitan kawat penghantar yang terisolasi dan dimasukkan atau dililitkan kedalam inti stator (Gambar 2.6 dan Gambar 2.7). Stator terdiri dari pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Setiap lilitan yang mengitari inti besi akan menghasilkan fluks magnet (elektromagnet). Dan elektromagnet adalah prinsip utama dari prinsip kerja motor. Lilitan stator dihubungkan secara langsung dengan sumber tenaga.



Gambar 2.3 lempengan stator



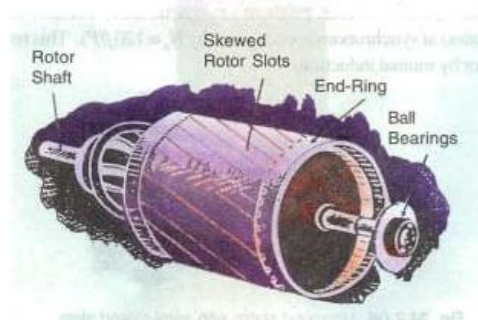
Gambar 2.4 Lilitan Stator

Sumber : Kelistrikan Industri, 2015

^[3] Iftadi, Irwan. **Kelistrikan Industri**, (Yogyakarta : Graha Ilmu, 2015), Hal.189

Karena adanya flux magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

2. Bagian Rotor (bagian bergerak)^[4]



Gambar 2.5 Rotor

Sumber : B.L.Theraja, 2006

Rotor adalah bagian yang berputar dari motor. rotor terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi dan batang konduktor yang mengitarinya. Tumpukan besi yang dilaminasi disatukan untuk membentuk rotor. Aluminium (sebagai batang konduktor) dimasukkan kedalam slot dari inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti rotor. Arus yang akan mengalir melalui konduktor akan membentuk elektromagnet. Secara mekanik dan elektrik batang-batang konduktor disambungkan ke ujung cincin. Inti rotor diletakkan menempel dari besi yang membentuk konstruksi rotor secara penuh.

Berdasarkan hukum faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relatif merupakan medan magnet yang bergerak terhadap penghantar rotor akan mengibaskan gaya gerak listrik (ggl). Frekuensi ggl imbas ini sama dengan frekuensi jala – jala.

Besar ggl imbas ini berbanding lurus dengan kecepatan relatif antara medan putar dan penghantar rotor. Penghantar – penghantar dalam rotor yang membentuk suatu rangkaian tertutup, merupakan rangkaian melaju bagi arus rotor dan searah dengan hukum yang berlaku yaitu hukum lenz.

Arahnya melawan fluksi yang mengimbas, dalam hal ini arus rotor itu

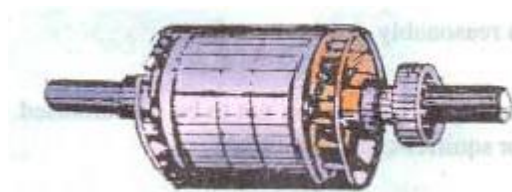
^[4] Angga, Rizal.2011. *Metode perhitungan efiseinsi motor induksi yang sedang beroperasi*. Universitas Indonesia. Depok. Hal.7

ditimbulkan karena adanya perbedaan kecepatan yang berada diantara fluksi atau medan putar stator dengan penghantar yang diam. Rotor akan berputar dalam arah yang sama dengan arah medan putar stator, untuk mengurangi beda kecepatan.

Motor induksi menggunakan dua jenis rotor yaitu rotor sangkar dan rotor lilit, tipe rotor yang paling umum dipakai adalah rotor " *squirrel cage* " atau rotor sangkar tupai. Konstruksi rotor sangkar tupai diilhami dari putaran roda latihan yang ditemukan pada kandang hewan peliharaan, berikut adalah penjelasan terhadap dua jenis rotor tersebut:

A. Rotor sangkar tupai^[1]

Rotor sangkar tupai yang terdiri dari satu set batang penghantar tembaga atau alumunium yang dilekatkan dalam alur slot paralel. Batang-batang tersebut dihubungkan pendek pada kedua ujungnya dengan cincin hubungan pendek. Dengan konstruksinya yang menyerupai sangkar tupai, rotor ini disebut rotor sangkar tupai. Rotor sangkar tupai ini merupakan jenis rotor yang paling banyak dipakai



Gambar 2.6 rotor sangkar tupai dengan copper bar

Sumber: B.L.Theraja, 2006

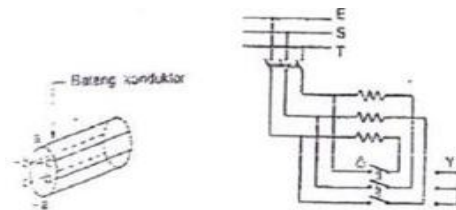
Slot rotor biasanya tidak dibuat sejajar dengan poros tetapi sengaja diberi sedikit kemiringan yang berguna untuk:

- Membantu membuat motor bekerja lebih tenang dengan mengurangi dengungan magnet.
- Membantu mengurangi kecenderungan mengunci rotor yaitu kecenderungan gigi rotor untuk tetap di bawah gigi stator karena gaya tarik menarik antara keduanya.

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai yang terlihat pada gambar dibawah ini, konstruksi rotor seperti ini

^[1] Theraja, B.L. 2006, *A text-book of electrical technology*, vol. II. India: Chand & Co Ltd

sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor jenis mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah karena konstruksinya yang demikian, padanya tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan rotor belitan.



Gambar 2.7 Rangkaian rotor sangkar tupai^[14]

Sumber: bagus adnan, 2017

B. Rotor lilit^[1]

Motor rotor lilit atau motor cincin slip berbeda dengan motor rotor sangkar dalam konstruksi rotornya. Seperti namanya rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dengan poros motor. Ketiga cincin slip yang terpasang pada cincin slip dan sikat-sikat dapat dilihat berada disebelah kiri lilitan rotor. Lilitan rotor tidak dihubungkan ke pencatu. Cincin slip dan sikat semata – mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkain motor. Motor rotor lilit kurang banyak diwarnakan dikandingkan dengan motor rotor sangkar karena harganya mahal dan biaya pemeliharaan lebih besar. Untuk mengetahui bagaimana bentuk rotor lilit dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.8 rotor lilit

Sumber : B.L.Theraja, 2006

^[14] Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung. Institut Teknologi Bandung. Hal.81

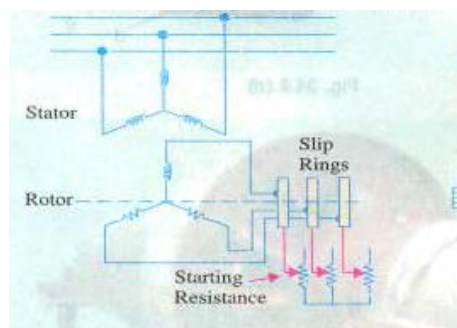
^[1] Theraja, B.L. *Op.Cit* Hal.1247.

Dari bagian motor yang bergerak rotor ada beberapa hal yang perlu kita ketahui antara lain yaitu Komutator, komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik yang bersama-sama dengan sikat membuat suatu kerja sama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan hendaknya dalam jumlah yang besar. Setiap belahan (segmen) komutator berbentuk lempengan.

Disamping penyearah mekanik maka komutator berfungsi juga untuk mengumpulkan GGL induksi yang terbentuk pada sisi – sisi kumparan. Oleh karena itu komutator dibuat dari bahan konduktor, dalam hal ini digunakan dari campuran tembaga.

Isolator yang digunakan terletak antara komutator–komutator dan komutator–komutator as (poros) menentukan kelas dari motor berdasarkan kemampuan terhadap suhu yang timbul dari mesin tersebut. Jadi disamping sebagai isolator terhadap listrik pada panas tertentu pada listrik, maka isolator digunakan harus mampu terhadap panas tertentu.

Motor induksi dengan rotor lilit memungkinkan penambahan (Pengaturan Tahanan Luar) tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin, selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start motor. Disamping itu dengan mengubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur. Dibawah ini terdapat rangkaian induksi dengan belitan memungkinkan penambahan tahanan luar.



Gambar 2.9 rangkaian rotor lilit

Sumber: B.L.Theraja, 2006

C. Beda Motor Induksi Rotor Sangkar Dengan Rotor Lilit

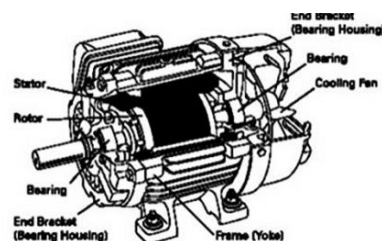
Jika kita lihat dari penjelasan di atas maka kita dapat membandingkan antara rotor lilit dan rotor sangkar, yaitu:

- Jumlah kutub pada rotor sangkar menyesuaikan terhadap jumlah kutub pada lilitan statornya, sedangkan jumlah kutub pada rotor sudah tertentu.
- Karakteristik motor induksi rotor sangkar sudah fixed, sedang pada motor induksi dengan rotor lilit masih dimungkinkan variasi karakteristiknya dengan cara menambahkan rangkaian luar melalui slip ring/sikatnya.

Suatu keuntungan dari motor induksi dengan rotor lilit adalah dapat ditambah tahanan luar. Hal ini sangat menguntungkan untuk starting motor pada beban yang berat dan sekaligus sebagai pengatur putaran motor. Rangkaian motor induksi dengan rotor lilit, dilengkapi dengan tahanan luar. Dalam penggunaannya rotor sangkar lebih banyak dipakai sebab harganya murah. Kelemahan pada starting torque diatasi dengan konstruksi double squirrel cage dan deep bar cage.

3. Bagian Penutup (*Enclouser*)

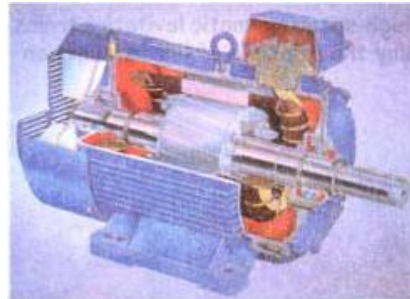
Penutup terdiri dari suatu rangka (*frame* atau *yoke*) dan dua ujung brackets (*bearing housing*). Stator ditempatkan di dalam rangka. Rotor diletakkan di sisi dalam stator dan dipisahkan oleh rongga udara. Sehingga tidak ada hubungan fisik secara langsung antara rotor dan stator. Penutup juga melindungi dari bahaya listrik dan bagian motor yang bertegangan maupun berputar dari efek yang membahayakan lingkungan selama motor beroperasi. *Bearing* ditempelkan guna mendukung secara mekanis agar dapat rotor berputar. Sebuah kipas juga ditempatkan yang digunakan sebagai pendingin.



Gambar 2.10 Penampang dalam motor AC

Sumber : Kelistrikan Industri, 2015

2.4 Prinsip Motor Induksi^[1]



Gambar 2.11 Motor sangkar tupai

Sumber: B.L.Theraja, 2006

Seperti hukum umum, konversi energi dari energi listrik menjadi energi gerak dapat dilakukan karena ada bagian yang dapat berputar pada motor, pada motor DC energi listrik di konduksikan searah ke armature melalui sikat dan komutator, karenanya DC motor bisa juga di sebut dengan motor konduksi.

Bagaimanapun motor AC rotornya tidak menerima energi listrik melalui konduksi, tapi melalui induksi sama persisi seperti bagaimana prinsip lilitan sekunder pada transformator menerima induksi dari lilitan primer.

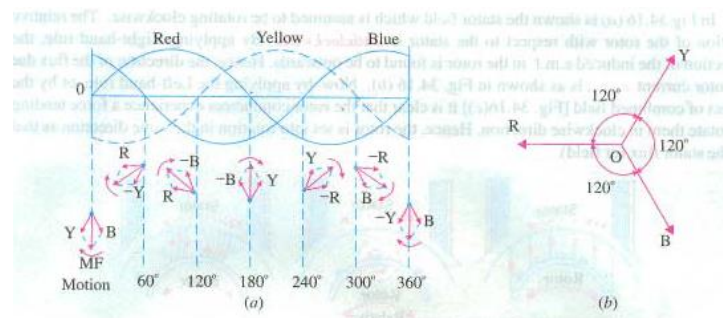
Inilah mengapa motor dengan prinsip ini dinamakan motor induksi, pada kenyataannya motor induksi dapat di artikan sebagai transformator yang dapat berputar, di mana lilitan primer adalah bagian yang diam dan lilitan sekunder adalah bagian yang berputar.

2.4.1 Sistem Motor Induksi^[6]

Motor induksi terdiri dari stator dan rotor. Stator terdiri dari tiga fasa lilitan yang mempunyai hambatan yang sangat kecil dan disusun secara seimbang dengan beda fasa 120° . Pada mulanya tegangan 3 fasa diberikan pada stator dengan bentuk gelombang seperti terlihat pada gambar di bawah ini

^[1] *Ibid.*, Hal.1244.

^[6] Nurul, Deni.2011. *Pengujian variabel speed drive VF-s9 dengan beban motor induksi 3 fasa 1hp*. Politeknik Negeri Bandung..Hal. 8



Gambar 2.12 Gelombang Sinusoidal Tegangan AC 3 fasa

Sumber: B.L.Theraja, 2006

Pada saat terminal tiga fasa stator motor induksi diberi suplai tegangan tiga, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis- garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (GGL) atau tegangan induksi dan mengalir- lah arus pada kumparan rotor karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian tertutup. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan pergerakan medan induksi stator. Medan putar stator tersebut akan memotong konduktor- konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lentz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan relatif antara stator dan rotor dinamakan slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

2.4.2 Slip Pada Motor Induksi^[4]

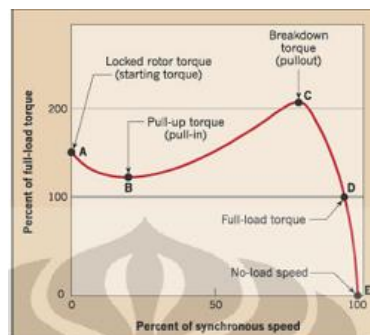
Tegangan induksi pada rotor motor bergantung pada kecepatan rotor relatif terhadap medan magnet statornya. Pada motor induksi kecepatan rotor

^[4] Angga, Rizal.2011. *Metode perhitungan efiseinsi motor induksi yang sedang beroperasi*. Universitas Indonesia. Depok. Hal.11

selalu tidak pernah sama dengan kecepatan medan magnet statornya. Terjadi perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkatnya beban dan slip ini hanya terjadi pada motor induksi.

2.4.3 Torsi Motor Induksi^[4]

Karakteristik torsi-kecepatan sebuah motor induksi merupakan parameter yang penting untuk menentukan kinerja motor.



Gambar 2.13 Grafik Torsi Kecepatan Motor Induksi

Sumber : Rizal Angga, 2011

Pada gambar menunjukkan grafik torsi-kecepatan motor induksi AC tiga fasa. Grafik ini menggambarkan apa yang terjadi pada keluaran motor dan kecepatan saat motor di start dengan kecepatan penuh.

Motor pada mulanya diam dengan kecepatan nol dan mulai menghasilkan torsi locked rotor (titik A) yang biasanya bernilai 175% dari torsi full load. Saat motor mulai berakselerasi, torsi motor akan berkurang sejenak pada titik B yang disebut sebagai torsi pull-up. Ini adalah torsi yang paling kecil saat masa start motor. Dengan bertambahnya kecepatan, maka bertambah pula torsi, hingga mencapai suatu titik C di mana torsi tidak dapat bertambah lagi. Torsi ini disebut *breakdown torque* atau *pull-out torque* yang nilainya sekitar 2-3 kali torsi full-loadnya. Pada saat itu, arus akan berkurang secara drastis. Akhirnya, saat motor dibebani dengan torsi full-loadnya, kecepatan motor mulai stabil (titik D) dan baik torsi maupun arus akan berkurang secara substansial. Jika motor tidak

^[4] *Ibid.*, Hal.12

dihubungkan dengan beban, maka kecepatannya akan bertambah mencapai kecepatan beban nolnya atau mendekati kecepatan sinkronya (titik E).

Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk mensuplai beban mekanik. Oleh karena itu (T) secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{\omega r} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

T = Torsi

P = Daya

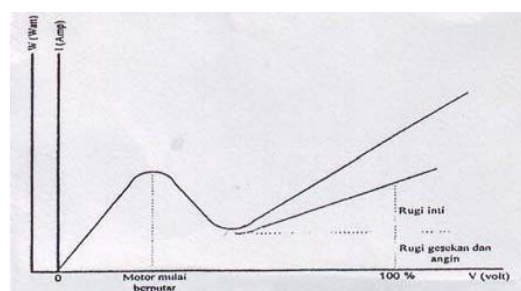
ωr = kecepatan sudut (mekanik) dari rotor.

2.5 Karakteristik Motor Induksi^[7]

Secara umum motor induksi yang baik mempunyai standar bentuk karakteristik tertentu. Tiap - tiap motor mempunyai karakteristik sendiri - sendiri. Dibawah ini disebutkan beberapa karakteristik yang menggambarkan hubungan antara suatu parameter dan mesin yang lain, yaitu:

1. Karakteristik Beban Nol

Karakteristik beban nol adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara tegangan ke motor dengan arus daya $\cos \phi$ motor pada keadaan tanpa beban, jadi putaran mendekati sinkron atau sama.



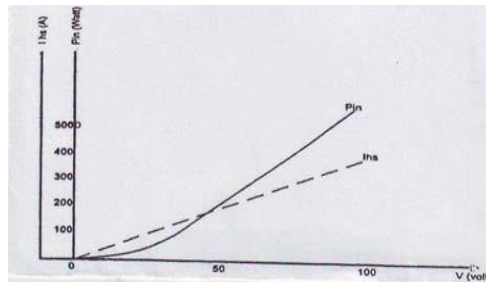
Gambar 2.14 Karakteristik Beban Nol

Sumber : Denny Andri. 2016

^[7] Andri, Denny .2016. *Analisa Perubahan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Jenis Rotr Sangkar Tupai Dalam Keadaan Pembebanan Dan Membandingkannya Dengan Program Matlab*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. Hal.21

2 Karakteristik Rotor yang diblok

Karakteristik motor yang diblok adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara tegangan masuk dan arus yang masuk, $\cos \phi$, daya masuk. Seperti yang ditampilkan pada gambar dibawah ini :



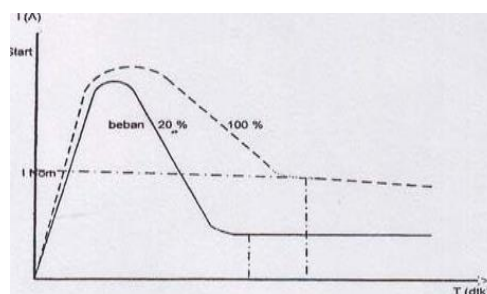
Gambar 2.15 Karakteristik Rotor yang Diblok

Sumber : Denny Andri. 2016

3 Karakteristik Start

Karakteristik start ini dipakai untuk menggambarkan hubungan antara waktu dan arus. Putaran untuk macam – macam beban pada tegangan masuk konstan. Dari gambar dibawah berikut dapat dijelaskan bahwa:

- A. Jika waktu start dari motor induksi makin lama, maka pemanas pada belitan akan lebih besar pula pada elemen pengaman. Hal ini akan berpengaruh terhadap lifetime dari motor.
- B. Arus akhir ke motor lebih tinggi.
- C. Putaran akhir motor akan lebih rendah.

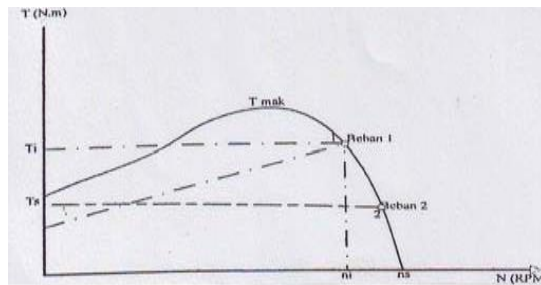


Gambar 2.16 Karakteristik Start

Sumber : Denny Andri. 2016

4 Karakteristik Kopel dan Putaran

Daerah kerja motor terletak pada daerah perputaran mendekati n_s . Kopel lawan beban 1 dan 2 pada waktu start $< T_s$ maka motor dapat distart, masing-masing dengan titik kerja 1 (kopel kerja = T_1 dan putaran kerja n_1) dan titik kerja 2. Bila kopel lawan beban pada saat start $> T_s$ maka motor tidak dapat distart. Selama motor belum berputar, arus motor tinggi. Seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.17 Karakteristik Kopel dan Putaran

Sumber : Denny Andri. 2016

2.6 Aliran Daya Pada Motor Induksi^[8]

Pada motor induksi tidak ada sumber listrik yang langsung terhubung ke rotor, sehingga daya yang melewati celah udara sama dengan daya yang di inputkan ke rotor.

Daya total yang di input ke kumparan stator motor induksi dirumuskan dengan:

$$P_{in} = \sqrt{3} V_t I_L \cos \theta \dots \dots \dots (2.2)$$

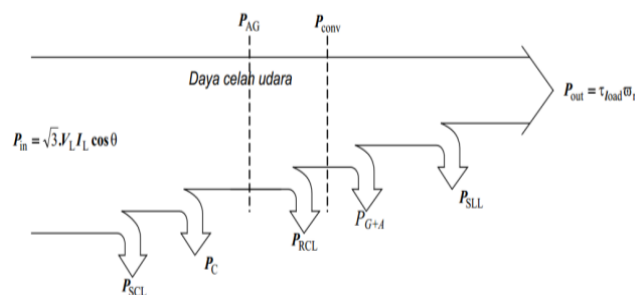
Dimana:

P_{in} = Daya masukan motor induksi tiga fasa (Watt)

V_t = Tegangan sumber (Volt)

I_t = Arus Sumber (Ampere)

^[8] Samuel, Sudibyo. 2016. *Analisa Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss*. UNIB . Bengkulu. Hal.33



Gambar 2.18 Diagram Rugi-rugi

Sumber: Samuel Sudibyo. 2016

1. Daya Celah Udara (P_{ag})

Daya celah udara adalah daya yang terjadi pada stator motor induksi. Daya celah udara merupakan hasil pengurangan daya masuk terhadap rugi-rugi tembaga stator (P_{scL}) dan rugi-rugi inti (P_{core})

2. Daya Mekanik (P_{conv})

Setelah didapatkan daya celah udara, maka dapat dicari daya mekanik yang merupakan hasil pengurangan dari daya celah udara dengan rugi-rugi tembaga rotor.

2.7 Rugi – Rugi pada Motor Induksi^[15]

Rugi – rugi motor listrik sebagian dapat ditemukan dengan cara konvensional yaitu dengan percobaan beban nol dan percobaan block rotor (hanya untuk motor arus bolak – balik). Percobaan beban nol dapat menentukan rugi–rugi rotasi motor. Pada keadaan beban nol, seluruh daya listrik input motor digunakan untuk mengatasi rugi – rugi inti dan rugi – rugi mekanik.

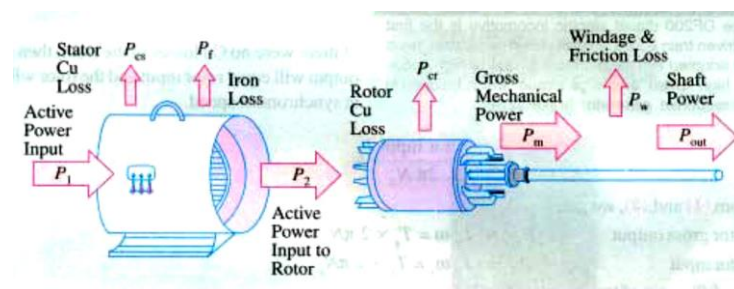
Rugi – rugi listrik motor dapat ditentukan yaitu pada tahanan DC, tahanan belitan dapat langsung diukur pada terminal belitan jangkar dan belitan penguat secara pengukuran DC, yaitu dengan mengukur tegangan dan arus dengan sumber DC pada belitan tersebut, atau dengan menggunakan ohm meter (jembatan wheatstone).

Pada motor AC, tahanan equivalen motor dapat ditentukan dengan

^[15] Fitzgerald, A.E. 1997. *Mesin-mesin listrik*. Jakarta. Erlangga Hal.191

percobaan block rotor (hubungan singkat), dimana pada keadaan ini rangkaian equivalen motor adalah sama dengan rangkaian equivalen hubung singkat dari suatu transformator. Jadi daya pada keadaan ini merupakan rugi-rugi tahanan atau belitan dan pada keadaan ini rugi-rugi inti dapat diabaikan karena tegangan hubung singkat relatif kecil dibandingkan dengan tegangan nominalnya.

Rugi-rugi stray load adalah rugi-rugi yang paling sulit ditukar dan berubah terhadap beban motor. Rugi-rugi ini ditentukan sebagai rugi-rugi sisa (rugi-rugi pengujian dikurangi rugi-rugi konvensional). Rugi-rugi pengujian adalah daya input dikurangi daya output. Rugi-rugi konvensional adalah jumlah dari rugi-rugi inti, rugi-rugi mekanik, rugi-rugi belitan. Rugi-rugi stray load juga dapat ditentukan dengan anggapan kira-kira 1% dari daya output dengan kapasitas daya 150 Kw atau lebih. Dan untuk motor-motor yang lebih kecil dari itu dapat diabaikan.



Gambar 2.19 Daya motor

Sumber: B.L.Theraja, 2006

1. Rugi – rugi Inti

Rugi - rugi inti diperoleh pada besi magnetis didalam stator dan rotor akibat timbulnya efek histeris dan arus pusar (eddy current). Timbulnya rugi - rugi inti, ketika besi jangkar atau struktur rotor mengalami perubahan fluks terhadap waktu. Rugi - rugi ini tidak tergantung pada beban, tetapi merupakan fungsi daripada fluks dan kecepatan motor. Pada umumnya rugi - rugi inti berkisar antara 20 - 25% dari total kerugian daya motor pada keadaan nominal. Rugi-rugi arus eddy tergantung pada kuadrat dari kerapatan fluks, frekuensi dan ketebalan dari lapisan.

2 Rugi – rugi Mekanik

Rugi–rugi gesekan dan angin adalah energi mekanik yang dipakai dalam motor listrik untuk menanggulangi gesekan bantalan poros, gesekan sikat melawan komutator atau slip ring, gesekan dari bagain yang berputar terhadap angin, terutama pada daun kipas pendingin. Kerugian energi ini selalu berubah menjadi panas berubah menjadi panas seperti pada semua rugi – rugi lainnya.

Rugi – rugi mekanik dianggap konstan dari beban nol hingga beban penuh dan ini adalah masuk akal tetapi tidak sepenuhnya tepat seperti halnya pada rugi – rugi inti. Macam –macam ketidak tepatan ini dapat dihitung dalam rugi – rugi stray load. Rugi – rugi mekanik biasanya berkisar antara 5 – 8% dari total rugi – rugi daya motor pada keadaan beban nominal.

3 Rugi – Rugi Belitan

Rugi – rugi belitan sering disebut rugi – rugi tembaga tetapi pada saat sekarang sudah tidak begitu. Banyak motor listrik, terutama motor ukuran sangat kecil diatas 750 W, mempunyai belitan stator dari kawat alumunium yang lebih tepat disebut rugi – rugi I^2R yang menunjukkan besarnya daya yang berubah menjadi panas oleh tahanan dari konduktor tembaga atau aluminium. Total kerugian I^2R adalah jumlah dari rugi – rugi I^2R primer (stator) dan rugi – rugi I^2R sekunder (rotor), termasuk rugi –rugi kontak sikat pada motor AC belitan dan motor DC. Rugi – rugi I^2R dalam belitan sebenarnya tidak hanya tergantung pada arus, tetapi juga pada tahanan belitan di bawah kondisi operasi. Sedang tahanan efektif dari belitan selalu berubah dengan perubahan temperatur, skin effect dan sebagainya. Sangat sulit untuk menentukan nilai yang sebenarnya dari tahanan belitan dibawah kondisi operasi. Kesalahan pengukuran kerugian belitan dapat dimasukkan ke dalam kerugian stray load. Pada umumnya rugi – rugi belitan ini berkisar antara 55 - 60% dari total kerugian motor pada keadaan beban nominal.

$$P_{\text{rugi belitan}} = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (2.3)^{[15]}$$

Dimana:

I = Arus (A)

R = resistansi lilitan

4. Rugi-rugi Stray Load

Kita telah melihat bahwa beberapa macam kerugian selalu dianggap konstan dari keadaan beban nol hingga beban penuh walaupun kita tahu bahwa rugi – rugi tersebut sebenarnya berubah, secara kecil terhadap beban. Sebagai tambahan, kita tidak dapat menghitung berapa besar kerugian ini seperti yang diakibatkan oleh perubahan fluks terhadap beban, skin effect, geometri konduktor sehingga arus terbagi sedikit tidak merata dalam konduktor bertambah, mengakibatkan pertambahan tahanan konduktor dan karena itu rugi – rugi konduktor harus bertambah. Dari semua kerugian yang relatif kecil ini, baik dari sumber yang di ketahui maupun yang tidak diketahui, disatukan menjadi rugi – rugi stray load yang cenderung bertambah besar apabila beban meningkat (berbanding kuadrat dengan arus beban).

Tabel 2.1 Persentase rugi-rugi Stray Terhadap keluaran

<i>Machine Rating</i>		<i>Stray Load Loss Percent of Rated Load</i>
<i>HP</i>	<i>KW</i>	
1-125 hp	1 – 90	1.8%
126-500 hp	91 – 375	1.5%
501-2499 hp	376 - 1850	1.2%
2500 hp keatas	1851 <i>and greater</i>	0.9%

Rugi-rugi ini tidak dapat di klasifikasikan dengan rugi-rugi yang telah dijelaskan sebelumnya. Sampai saat ini masih sangat sulit untuk mengukur rugi-

^[15] Ibid hal.192

rugi ini, namun IEEE telah menetapkan standar besar rugi-rugi ini yang dapat dilihat pada Tabel.

Pada umumnya kerugian ini berkisar 1-5% dari total kerugian daya motor pada keadaan beban nominal.

$$P_s = P_{\text{rugi-rugi}} \times 0,05 \dots\dots\dots(2.4)$$

2.8 Efisiensi Motor Listrik^[8]

Motor–motor listrik adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100%. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi dibawah 100%. Dalam sistem konversi energi elektro mekanik yakni dalam operasi motor–motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, atau:

$$P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{rugi-rugi}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

P_{in} : Total daya yang diterima motor

P_{out} : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{\text{rugi-rugi}}$: Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

Motor listrik tidak pernah mengkonversikan semua daya yang diterima menjadi daya mekanik, tetapi selalu timbul kerugian daya yang semuanya berubah menjadi energi panas yang terbuang.

Definisi NEMA terhadap efisiensi energi adalah bahwa efisiensi merupakan perbandingan atau rasio dari daya keluaran yang berguna terhadap daya input total dan biasanya dinyatakan dalam persen. Juga sering dinyatakan

^[8] Samuel, Sudibyo. 2016. *Analisa Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss*. UNIB . Bengkulu. Hal.34

dengan perbandingan antara keluaran dengan keluaran dengan keluaran ditambah rugi-rugi, yang dirumuskan dalam Persamaan:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.6)^{[15]}$$

Dimana :

- η : Efisiensi (%)
 P_{in} : Total daya yang diterima motor
 P_{out} : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja
 $P_{\text{rugi-rugi}}$: Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. **Usia.** Motor baru lebih efisien.
2. **Kapasitas.** Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. **Kecepatan.** Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. **Jenis.** Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin-geser
5. **Suhu.** Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor screen

Tabel 2.2 Metode Pengukuran efisiensi motor induksi IEEE

No	METODE	KETERANGAN
1	A	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran
2	B	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran dengan menghitung tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
3	C	Menduplikat mesin dengan tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray

^[15] Fitzgerald, A.E. 1997. *Mesin-mesin listrik*. Jakarta. Erlangga Hal.191

4	E	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran langsung rugi-rugi stray
5	E1	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan asumsi nilai rugi stray
6	F	Rangkaian ekivalen dengan pengukuran langsung pada rugi-rugi stray
7	F1	Rangkaian ekivalen dengan asumsi pada rugi-rugi stray.
8	C/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban metode C dengan pengukuran tak langsung rugi-rugi stray
9	E/F	Rangkaian Ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban Metode E dengan pengukuran langsung rugi-rugi stray
10	E1/F1	Rangkaian ekivalen yang di kalibrasikan pertitik beban Metode E dengan asumsi nilai rugi-rugi stray

Jadi dapat diartikan bahwa $P_{\text{rugi-rugi}}$ adalah jumlah dari seluruh daya yang terbuang yang tidak menjadi energi gerak dan kebanyakan menjadi energi panas yang terbuang sia-sia.

$$P_{\text{rugi-rugi}} = P_{\text{rugi inti}} + P_{\text{rugi lilian}} + P_{\text{rugi stray}} + P_{\text{rugi lainnya}} \dots\dots\dots(2.7)^{[8]}$$

2.9 Pengertian Daya^[5]

Daya dalam tegangan AC pada setiap saat sama dengan perkalian dari harga arus dan tegangan pada saat itu. Jika arus dan tegangan bolak - balik satu fasa, maka daya dalam satu periode sama dengan perkalian dari arus dan tegangan efektif. Tetapi jika ada reaktasi dalam rangkaian arus dan tegangan tidak satu fasa sehingga selama siklusnya biasa terjadi arus negatif dan tegangan positif. Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya efektif, daya reaktif dan daya semu yang pengertiannya adalah sebagai berikut:

^[8] Samuel, Sudibyo. 2016. *Analisa Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss*. UNIB . Bengkulu. Hal.34

^[5] Bagus , adnan. 2017. *Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa GB 304 45 KW pada Blower Cooling Tower di PT.Pupuk Sriwidjaja*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. hal.14

1. Daya nyata (P) adalah daya yang diubah menjadi energi, persatuan waktu atau dengan kata lain daya aktif adalah daya yang benar - benar terpakai yang dihasilkan oleh komponen resistif, satuannya adalah watt (W)
2. Daya reaktif (Q) adalah daya yang ditimbulkan oleh komponen reaktansi. Daya reaktif ditimbulkan dari reaktansi yang menimbulkannya, dapat berupa reaktansi induktif (XL) dan reaktansi kapasitif (XC), satuannya adalah Volt Ampere Reaktif (VAR).
3. Daya semu (S) adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan volt ampere (VA).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sistem segitiga daya dibawah ini:



Gambar 2.20 Sistem segitiga daya

Sumber: <https://duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.com>

Untuk daya tiga fasa rumus daya aktif, daya reaktif dan daya semu adalah seperti dibawah ini.

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.8)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \theta \dots \dots \dots (2.9)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \dots \dots \dots (2.10)$$

Konversi Daya mekanik menjadi satuan listrik, James watt ketika itu menghitung bahwa seekor kuda mampu memutar sebuah alat mesin penggitingan sebanyak 144 kali dalam satu jam 12,4 kali dalam satu menit. James watt yakin bahwa satu kuda mampu menarik dengan gaya 180 pound dari data perhitungan:

$$\text{Daya} = \frac{\text{Gaya} \times \text{Jarak}}{\text{Waktu}} = \frac{(180 \text{ lbf})(2,4 \times 2\pi \times 12 \text{ Ft})}{1 \text{ Menit}}$$

$$= 32.,572 \text{ ft.lbs/menit}$$

Dibulatkan menjadi 33.00 kaki-pound/menit

$$\text{Jadi 1HP} = 33.00 \text{ kaki-pound/menit (745,7 Watt)} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.10 Fan^[10]

Fan, blower dan kompresor dibedakan oleh metode yang digunakan untuk menggerakkan udara, dan oleh tekanan sistim operasinya. The American Society of Mechanical Engineers (ASME) menggunakan rasio spesifik, yaitu rasio tekanan pengeluaran terhadap tekanan hisap, untuk mendefinisikan fan, blower, dan kompresor, untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel di bawah :

Tabel 2.3 Perbedaan fan,blower, dan kompresor^[13]

Peralatan	Perbandingan Spesifik	Kenaikan tekanan (mmWg)
Fan	Sampai 1,11	1136
Blower	1,11 sampai 1,20	1136 –2066
Kompresor	Lebih dari 1,20	-

Dalam kehidupan modern seperti sekarang ini kompresor mempunyai kegunaan yang sangat luas di hampir segala bidang baik di bidang industri, pertanian, rumah tangga, dan sebagainya. Jenis dan ukurannya pun beraneka ragam sesuai dengan pemakainya.

Untuk merancang sebuah kipas dibutuhkan perhitungan dalam perencanaanya selain ukuran dan fungsi juga dilakukan perhitungan agar kipas dapat berfungsi dan bekerja sebagaimana mestinya rumus-rumus yang biasanya di gunakan untuk perhitungan dalam perancangan yaitu:

$$P_{\text{mekanik}} = \frac{\text{RPM} \cdot T}{5252} \dots\dots\dots(2.12)$$

^[10] Rayyan, Tubagu. Kompresor, Fan & Blower. Universitas Sumatera utara 2017.Hal:31

^[13] www.energyefficiencyasia.org, 2006. (diakses pada 14 Juli 2020 23:12 WIB)

Dimana:

T : torsi

R : Jari-jari

P : Daya mekanik

RPM : Kecepatan putar/ menit¹

2.11 Jenis-jenis fan^[12]

Terdapat dua jenis fan. Fan sentrifugal menggunakan impeler berputar untuk menggerakkan aliran udara. Fan aksial menggerakkan aliran udara sepanjang sumbu fan.

1. Fan sentrifugal

Fan sentrifugal meningkatkan kecepatan aliran udara dengan impeler berputar. Kecepatan meningkat sampai mencapai ujung blades dan kemudian diubah ke tekanan. Fan ini mampu menghasilkan tekanan tinggi yang cocok untuk kondisi operasi yang kasar, seperti sistim dengan suhu tinggi, aliran udara kotor atau lembab, dan handling bahan. Karakteristik Berbagai Fan Sentrifugal (diambil dari US DOE, 1989)

Tabel 2.4 Jenis Fan Sentrifugal

Jenis fan dan blade	Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none">Fan radial dengan blades datar	<ul style="list-style-type: none">Cocok untuk tekanan statis tinggi (sampai 1400 mmWC) dan suhu tinggiRancangannya sederhana sehingga dapat dipakai untuk unit penggunaan khususDapat beroperasi pada aliran udara yang rendah tanpa masalah getaran	<ul style="list-style-type: none">Hanya cocok untuk laju aliran udara rendah sampai medium

^[12] “Macam-macam Kipas fan”<http://artikel-teknologi.com/macam-macam-kipas-fan/> (diakses pada 20 Juli 2020, pukul 15:12 WIB)

	<ul style="list-style-type: none"> • Sangat tahan lama • Efisiensinya mencapai 75% • Memiliki jarak ruang kerja yang lebih besar yang berguna untuk handling padatan yang terbang 	
<ul style="list-style-type: none"> • Fan yang melengkung kedepan, dengan blade yang melengkung kedepan 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat menggerakkan volum udara yang besar terhadap tekanan yang relatif rendah • Ukurannya relatif kecil • Tingkat kebisingannya rendah (disebabkan rendahnya kecepatan) dan sangat cocok untuk digunakan untuk pemanasan perumahan, ventilasi, dan penyejuk udara (HVAC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya cocok untuk layanan penggunaan yang bersih, bukan untuk layanan kasar dan bertekanan tinggi • Keluaran fan sulit untuk diatur secara tepat • Penggerak harus dipilih secara hati-hati untuk menghindarkan beban motor berlebih sebab kurva daya meningkat sejalan dengan aliran udara
<ul style="list-style-type: none"> • Backward inclined fan, dengan blades yang miring jauh dari arah perputaran: datar, lengkung, dan airfoil 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat beroperasi dengan perubahan tekanan statis (asalkan bebannya tidak berlebih ke motor) • Cocok untuk sistim yang tidak menentu pada aliran udara tinggi • Cocok untuk layanan forced-draft • Fan dengan blade datar lebih kuat • Fan dengan blades lengkung lebih efisien (melebihi 85%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak cocok untuk aliran udara yang kotor. • Fan dengan <i>blades air-foil</i> kurang stabil karena mengandalkan pada pengangkatan yang dihasilkan oleh tiap blade

	<ul style="list-style-type: none"> Fan dengan <i>blades air-foil</i> yang tipis adalah yang paling efisien 	<ul style="list-style-type: none"> Fan <i>blades airfoil</i> yang tipis akan menjadi sasaran erosi
--	---	---

2. Fan Aksial

Fan aksial menggerakkan aliran udara sepanjang sumbu fan. Cara kerja fan seperti imple r pesawat terbang: blades fan menghasilkan pengangkatan aerodinamis yang menekan udara. Fan ini terkenal di industri karena murah, bentuknya yang kompak dan ringan. Jenis utama fan dengan aliran aksial (impeler, pipa aksial dan impeler aksial).

Tabel 2.5 Jenis Fan Aksial

Jenis fan	Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> Fan propeller 	<ul style="list-style-type: none"> Menghasilkan laju aliran udara yang tinggi pada tekanan rendah Tidak membutuhkan saluran kerja yang luas (sebab tekanan yang dihasilkannya kecil) Murah sebab konstruksinya yang sederhana Mencapai efisiensi maksimum, hampir seperti aliran yang mengalir sendiri, dan sering digunakan pada ventilasi atap Dapat menghasilkan aliran dengan arah berlawanan, yang membantu dalam penggunaan ventilasi 	<ul style="list-style-type: none"> Efisiensi energinya relatif rendah Agak berisikdah sampai medium
<ul style="list-style-type: none"> Fan pipa aksial, pada dasarnya fan propeler 	<ul style="list-style-type: none"> Tekanan lebih tinggi dan efisiensi operasinya lebih baik daripada fan propeller Cocok untuk tekanan menengah, penggunaan laju aliran udara yang tinggi, misalnya pemasangan saluran HVAC 	<ul style="list-style-type: none"> Relatif mahal Kebisingan aliran udara sedang Efisiensi

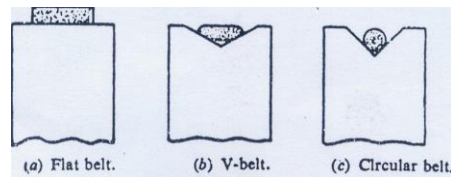
yang ditempatkan dibagian dalam silinder	<ul style="list-style-type: none">• Dapat dengan cepat dipercepat sampai ke nilai kecepatan tertentu (karena putaran massanya rendah) dan menghasilkan aliran pada arah berlawanan, yang berguna dalam berbagai penggunaan ventilasi• Menciptakan tekanan yang cukup untuk mengatasi kehilangan di saluran dengan ruang yang relatif efisien, yang berguna untuk pembuangan	energinya relatif rendah (65%)
<ul style="list-style-type: none">• Fan dengan baling-baling aksial	<ul style="list-style-type: none">• Cocok untuk penggunaan tekanan sedang sampai tinggi (sampai 500 mmWC), seperti induced draft untuk pembuangan boiler• Dapat dengan cepat dipercepat sampai ke nilai kecepatan tertentu (disebabkan putaran massanya yang rendah) dan menghasilkan aliran pada arah berlawanan, yang berguna dalam berbagai penggunaan ventilasi• Cocok untuk hubungan langsung ke as motor• Kebanyakan energinya efisien (mencapai 85% jika dilengkapi dengan fan airfoil dan jarak ruang yang kecil)	<ul style="list-style-type: none">• Relatif mahal dibanding fan impeler

2.12 Fanbel^[9]

Sabuk atau tali di gunakan untuk mentransmisikan tenaga dari satu poros ke poros lain melalui puli yang mana berputar dengan kecepatan yang sama atau berbeda. Jumlah tenaga yang ditransmisikan tergantung dari beberapa factor yaitu kecepatan pada sabuk, kekencangan sabuk pada puli, hubungan antara sabuk dan puli kecil, dan kondisi pemakaian sabuk.

^[9] Komaro, Mumu. *Sabuk dan Puli. Elemen Mesin Kurmi*. Gupta .Bandung.2008.Hal:01

1. Jenis sabuk



Gambar 2.21 Jenis-jenis sabuk

Sumber : mumu komaro.2008

Ada banyak jenis sabuk yang digunakan sehari-hari. Dibawah ini point-point pentingnya:

A. Sabuk datar

Sabuk datar banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja), dimana tenaga di transmisikan dari puli satu ke puli lain. Yang mana kedua puli tidak boleh terpisah lebih dari 10 meter .

B. V-belt

V-belt banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja) yang mana baik digunakan untuk mentransmisikan tenaga dari puli satu ke puli lain.

C. Sabuk bundar atau tali

Sabuk bundar atau tali banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja), dimana tenaga di transmisikan dari puli satu ke puli lain. Yang mana kedua puli tidak boleh terpisah lebih dari 5 meter. Jika jumlah tenaga sangat besar untuk ditransmisikan kemudian sabuk tunggal tidak mungkin cukup. Dalam kasus ini puli besar(unter V-belt atau tali) dengan jumlah alur yang digunakan . kemudian sabuk dalam masing-masing alur mentransmisikan untuk tenaga yang dibutuhkan dari satu puli ke puli lain.

2. Kelebihan Transmisi Pulley dan Belt

Berikut beberapa keunggulan dari transmisi pulley dan belt dibanding dengan transmisi roda gigi atau rantai:

- A. Instalasi mudah.
- B. Perawatan sedikit.
- C. Keandalan tinggi.
- D. Kecepatan transmisi tinggi.